

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

CLIPPEDIMAGE= JP403196502A

PAT-NO: JP403196502A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 03196502 A

TITLE: RARE EARTH PERMANENT MAGNET

PUBN-DATE: August 28, 1991

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

MIZUNO, YASUTOSHI

KIYOMIYA, TERUO

YUKIMURA, HARUHIRO

MATSUI, KAZUO

INT-CL (IPC): H01F001/053;C22C038/00

US-CL-CURRENT: 148/302

ABSTRACT:

PURPOSE: To obtain high coercive force even when the content of R is reduced by composing a rare earth permanent magnet of 4-18 atomic % B, 0.5-9 atomic % Ti and Fe as the remainder.

CONSTITUTION: A permanent magnet consists of 6-20 atomic % R (where R represents one kind or more of rare earth elements containing Y), 4-18 atomic % B, 0.5-9 atomic % Ti and Fe (containing a substance in which not more than 35 atomic % of Fe is substituted by Co) as the remainder. Ti functions as the improvement of coercive force (iHc) in the magnet (the R-Fe(Co)-B group magnet). Consequently, even when the content of R (one or more of the rare earth elements containing Y) is made largely smaller than that of a general permanent magnet, desired iHc can be ensured. Accordingly, the permanent magnet completely equal to conventional R-Fe-B group permanent magnets having a large quantity of R and having high iHc can be acquired in

a region in which  
the quantity of  $R$  is small.

COPYRIGHT: (C)1991,JPO&Japio

## ⑫ 公開特許公報(A) 平3-196502

⑬ Int.Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成3年(1991)8月28日

H 01 F 1/053  
C 22 C 38/00

3 0 3 D

7047-4K  
6781-5E

H 01 F 1/04

H

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全6頁)

⑭ 発明の名称 希土類永久磁石

⑮ 特 願 平1-334991

⑯ 出 願 平1(1989)12月26日

⑰ 発 明 者	水 野	保 敏	東京都港区新橋5丁目36番11号	富士電気化学株式会社内
⑰ 発 明 者	清 宮	照 夫	東京都港区新橋5丁目36番11号	富士電気化学株式会社内
⑰ 発 明 者	幸 村	治 洋	東京都港区新橋5丁目36番11号	富士電気化学株式会社内
⑰ 発 明 者	松 井	一 雄	東京都港区新橋5丁目36番11号	富士電気化学株式会社内
⑰ 出 願 人	富士電気化学株式会社			東京都港区新橋5丁目36番11号
⑰ 代 理 人	弁理士 一色 健輔			外1名

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

希土類永久磁石

## 2. 特許請求の範囲

6～20at%のR(但し、RはYを含む希土類元素の1種以上)、4～18at%のB、0.5～9at%のTi、残部Fe(Feの35at%以下をCoで置換したものを含む)からなることを特徴とする希土類永久磁石。

## 3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、希土類元素-鉄(コバルト)-ホウ素系(以下、R-Fe(Co)-B系と言う)の永久磁石に関し、特にTiを添加したR-Fe(Co)-B系永久磁石に関する。

(従来技術)

永久磁石としては、従来、Coを20～30重量%含むアルニコ磁石、Feの酸化物を主成分とするハードフェライト磁石、Coを50～65重量%含む、かつ希土類元素(R)としてSmを含

む希土類コバルト磁石が代表的なものとして知られている。

但し、アルニコ磁石や希土類コバルト磁石に使用されるCoの原料事情が不安定化し、また希土類コバルト磁石に使用されるSmは希土類鉱物中の含有量が少なく極めて高価である等の理由により、ハードフェライト磁石が永久磁石の主流を占めている。

ところが、希土類コバルト磁石は、他の磁石に比べ、磁気特性が格段に高く、主として小型で、付加価値の高い磁気回路に必須の磁石とされている。

そこで、CoやSmを含まない希土類磁石の開発が急務となり、これまで各種の希土類磁石の研究がなされている。

このような事情から、希土類磁石の開発が進み、最近、CoやSmを含まず、Nd, Pr, Dy, Ho, Tbの希土類元素のうち少なくとも一種8～30at%と、B2～28at%と、残部実質的にFeとから成る磁気異方性焼結体の希土類永

久磁石、並びにNd, Pr, Dy, Ho, Tbの希土類元素のうち少なくとも一種とLa, Ce, Pm, Sm, Eu, Gd, Er, Tm, Yb, Lu, Yの希土類元素のうち少なくとも一種の合計8~30at%と、B2~28at%と、残部實質的にFeとから成る磁気異方性焼結体の希土類永久磁石が提案された(特公昭61-34242号)。

(発明が解決しようとする課題)

しかし、この先提案の希土類永久磁石は、キュリー点を高めているとは言え、前述のCo-Sm系の希土類コバルト永久磁石に比べれば、未だ低く、このため温度特性が希土類コバルト永久磁石より劣っている。

また、希土類永久磁石においては、保磁力( $iH_c$ )を6K Oe以上とするためには、希土類元素(R)の含有量を13at%以上とする必要があり、13at%未満になると $iH_c$ が急激に劣化してしまう。

上記の先提案の希土類永久磁石においても、実

このため、本発明に係るR-Fe(Co)-B系磁石では、Rの含有量が前述の先提案の希土類永久磁石のRよりも大幅に減少していても、6K Oe以上の $iH_c$ を確保する。

このようなTiの作用を確保するためには、少なくとも0.5at%の含有量とする必要があり、特に1at%以上で上記作用は顕著となる。

但し、Tiの含有量が多くなり過ぎると、残留磁束密度( $B_r$ )が低下するため、9at%以下とすることが重要であり、好ましいTi含有量は1~8at%である。

また、Rの含有量が少なくなり過ぎると、6K Oe以上の $iH_c$ を確保することができなくなるため、少なくとも6at%必要である。

そして、Rは、Tiとの併用において、20at%よりも多量になると、最大エネルギー積( $(BH)_{max}$ )が20MGOe未満と低下してしまうため、20at%以下とする必要がある。

更に、Bは、4at%未満であると、 $iH_c$ が6K Oe以上とならず、18at%を超えると、

用化されている焼結磁石のRの含有量は15at%程度と多量であり、この種磁石の主相をなすR<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B相を形成するのに必要なRの量約11.76at%より多くなっており、この分原料コスト高となっている。

本発明は、以上の諸点に鑑みてなされたものであって、その目的とするところは、Rの含有量が少量であっても高保磁力、高エネルギー積を示すバルク状の希土類永久磁石を提供するにある。

(課題を解決するための手段)

本発明に係る希土類永久磁石は、上記目的を達成するために、6~20at%のR(但し、RはYを含む希土類元素の1種以上)、4~18at%のB、0.5~9at%のTi、残部Fe(Feの35at%以下をCoで置換したものを含む)からなることを特徴とする。

(作用)

本発明に係る希土類永久磁石(R-Fe(Co)-B系磁石)においては、Tiが保磁力( $iH_c$ )を高める作用をなす。

(BH)<sub>max</sub>が20MGOe未満と小さくなってしまうため、4~18at%とする必要がある。

更に、本発明に係るR-Fe(Co)-B系磁石において、Feの一部をCoで置換することにより、キュリー温度が改善され、温度特性が向上する。

但し、余り多量のFeをCoで置換してしまうと、本発明に係るR-Fe(Co)-B系磁石の製品コストの高騰を招き、しかも保磁力も低下する。

従って、本発明では、キュリー温度が改善されて温度特性が向上し、6K Oe以上の $iH_c$ とすることのできる最大の置換量である35at%を、CoでFeを置換できる量の上限とするのである。

(実施例)

実施例1

下記の第1工程(前工程)及び第2工程(熱処理工程)を経て、Nd:5~22at%の範囲内で第1表に示すように種々変化させた、B:10at%, Ti:3at%, Fe:残部の組成を有

する本発明に係るR-Fe(Co)-B系永久磁石を調製した。

第1工程（前工程）：

必要とする合金元素をアーク溶解炉で溶解し、ジョークラッシャにより粗粉碎した後、ジェットミルにより微粉碎した。

この微粉体を、15 KOeの磁場中で成形圧2 ton/cm<sup>2</sup>で圧縮成形した。

第2工程（熱処理工程）：

第1工程で得た成形体を、Ndの含有量に応じて1060～1140℃（Nd量が多い程低温側）で2時間の焼結を行った後、600℃で1時間の時効処理を行った。

なお、本工程の焼結温度をNd含有量に応じて変えたのは、焼結密度が理論密度の95%以上となるようにして、Brを高めるためである。

第1表は、上記の組成を有する本発明に係るR-Fe(Co)-B系永久磁石のNd含有量に対するiHc、(BH)・・・Brの測定結果を示したものである。

第1表

Ndの含有量 (at%)	5	6	8	10	12	16	18	20	22
iHc (KOe)	3.0	3.0	3.6	9.0	9.5	10.9	11.2	11.4	11.5
Br (KG)	6.5	10.0	11.8	12.5	12.5	11.6	10.5	9.1	7.0
(BH) max (MGOe)	6.0	21.0	30.0	36.0	36.0	32.5	27.0	20.0	10.0
焼結温度 (℃)	1140	1140	1180	1180	1120	1100	1080	1080	1080

第1表から明らかなように、Nd含有量が6 at%未満ではiHcが6 KOeに達せず、Nd含有量が20 at%を超えると4πI-HループのBrが低く、(BH)・・・も小さくなる。

実施例2

下記の第1工程（前工程）及び第2工程（熱処理工程）を経て、Nd:12 at%、B:3～19 at%の範囲内で第2表に示すように種々変化させた、Ti:3 at%、Fe:残部の組成を有する本発明に係るR-Fe(Co)-B系永久磁石を調製した。

第1工程（前工程）：

実施例1に同じ

第2工程（熱処理工程）：

第1工程で得た成形体を、Bの含有量に応じて1100～1120℃（B量が多い程高温側）で2時間の焼結を行った後、600℃で1時間の時効処理を行った。

なお、本工程の焼結温度をB含有量に応じて変えたのは、実施例1の場合と同様に、焼結密

度が理論密度の95%以上となるようにして、Brを高めるためである。

第2表は、上記の組成を有する本発明に係るR-Fe(Co)-B系永久磁石のB含有量に対するiHc、(BH)・・・Brの測定結果を示したものである。

第2表

Bの含有量 (at%)	3	4	7	10	13	15	18	19
iHc (KOe)	3.0	6.0	8.6	9.5	10.5	11.2	12.0	12.3
Br (KG)	7.3	10.0	12.1	12.5	12.0	11.3	9.5	8.0
(BH) max (MGOe)	14.0	21.5	32.0	36.0	32.0	28.0	21.0	16.0
焼結温度 (℃)	1100	1100	1100	1120	1120	1120	1120	1120

第2表から明らかなように、B含有量が4at%未満では*iHc*が6K<sub>Oe</sub>に達せず、B含有量が15at%を超えると4πi-Hループの*Br*が低く、(BH)<sub>max</sub>も小さくなる。

#### 実施例3

下記の第1工程(前工程)及び第2工程(熱処理工程)を経て、Nd:12at%, B:10at%, Ti:0~10at%の範囲内で第3表に示すように種々変化させた、Fe:残部の組成を有する本発明に係るR-Fe(Co)-B系永久磁石を調製した。

第1工程(前工程):

実施例1に同じ

第2工程(熱処理工程):

第1工程で得た成形体を、Tiの含有量に応じて1100~1140℃(Ti量が多い程高温側)で2時間の焼結を行った後、600℃で1時間の時効処理を行った。

なお、本工程の焼結温度をTi含有量に応じて変えたのは、実施例1の場合と同様に、焼結

密度が理論密度の95%以上となるようにして、*Br*を高めるためである。

第3表は、上記の組成を有する本発明に係るR-Fe(Co)-B系永久磁石のTi含有量に対する*iHc*、(BH)<sub>max</sub>、*Br*の測定結果を示したものである。

第3表

Tiの含有量(at%)	0	0.5	1	3	5	8	9	10
<i>iHc</i> (K <sub>Oe</sub> )	5.0	6.4	7.4	9.5	10.1	8.9	8.3	7.0
<i>Br</i> (KG)	12.8	12.7	12.7	12.5	11.9	10.6	10.0	9.2
(BH) <sub>max</sub> (MGOe)	18.0	20.0	22.0	36.0	38.0	26.0	22.0	17.0
焼結温度(℃)	1100	1100	1100	1120	1120	1140	1140	1140

第3表から明らかなように、Ti含有量が0.5at%未満では*iHc*が6K<sub>Oe</sub>に達せず、Ti含有量が9at%を超えると(BH)<sub>max</sub>が小さくなる。

#### 実施例4

下記の第1工程(前工程)及び第2工程(熱処理工程)を経て、Nd:12at%, B:10at%, Ti:3at%, Co:0~40at%の範囲内で第4表に示すように種々変化させた、Fe:残部の組成を有する本発明に係るR-Fe(Co)-B系永久磁石を調製した。

第1工程(前工程):

実施例1に同じ

第2工程(熱処理工程):

第1工程で得た成形体を、Coの含有量に応じて1120~1140℃(Co量が多い程高温側)で2時間の焼結を行った後、600℃で1時間の時効処理を行った。

なお、本工程の焼結温度をCo含有量に応じて変えたのは、実施例1の場合と同様に、焼結

密度が理論密度の95%以上となるようにして、*Br*を高めるためである。

第4表は、上記の組成を有する本発明に係るR-Fe(Co)-B系永久磁石のCo含有量に対する*iHc*、(BH)<sub>max</sub>、*Br*の測定結果を示したものである。

第4表

Coの含有量(at%)	0	10	20	30	35	40
<i>iHc</i> (K <sub>Oe</sub> )	9.5	9.0	8.1	7.0	6.3	5.4
<i>Br</i> (KG)	12.5	12.0	11.3	10.4	10.0	9.3
(BH) <sub>max</sub> (MGOe)	36.0	34.0	28.4	23.0	20.0	16.0
焼結温度(℃)	1120	1120	1130	1130	1140	1140
キュリー温度(℃)	310	450	500	530	540	550

第4表から明らかなように、Co含有量が35at%以下で（言い換えれば、Feの35at%以下をCoで置換しても）、良好な磁性特性を得ることができ、またキュリー温度も向上する。

しかし、Co含有量が35at%を超える（言い換えれば、Feの35at%より多くをCoで置換する）と*i H c*が6K Oeに達しなくなる。

#### 実施例5

下記の第1工程（前工程）及び第2工程（熱処理工程）を経て、Nd：6～12at%の範囲内で第5表に示すように種々変化させた、Dy：0～6at%の範囲内で第5表に示すように種々変化させた、（但し、Nd + Dy = 12at%とした）、B：10at%、Ti：3at%、Fe：残部の組成を有する本発明に係るR-Fe(Co)-B系永久磁石を調製した。

第1工程（前工程）：

実施例1と同じ

第2工程（熱処理工程）：

第1工程で得た成形体を、Dyの含有量に応

第5表から明らかなように、NdのDy置換量に応じて磁性特性が変化するが、実用上十分な磁性特性が得られることが判る。このことは、Nd以外のR（Yを含む）であっても有効であることを明示するものである。

#### 実施例6

下記の第1工程（前工程）及び第2工程（熱処理工程）を経て、Nd：14～20at%の範囲内で第1表に示すように種々変化させた、B：10at%、Ti：0又は3at%、Fe：残部の組成を有する本発明に係るR-Fe(Co)-B系永久磁石を調製した。

第1工程（前工程）：

実施例1と同じ

第2工程（熱処理工程）：

第1工程で得た成形体を、Nd及びTiの含有量に応じて1060～1100℃（Nd量が多い程低温側、Ti量が多い程高温側）で2時間の焼結を行った後、600℃で1時間の時効処理を行った。

じて1120～1140℃（Dy量が多い程高温側）で2時間の焼結を行った後、600℃で1時間の時効処理を行った。

なお、本工程の焼結温度をDy含有量に応じて変えたのは、実施例1の場合と同様に、焼結密度が理論密度の95%以上となるようにして、Brを高めるためである。

第5表は、上記の組成を有する本発明に係るR-Fe(Co)-B系永久磁石のDy含有量に対する*i H c*、(BH) max、Brの測定結果を示したものである。

第5表

Dyの含有量 (at%)	0	2	4	6
<i>i H c</i> (K Oe)	9.5	11.5	13.2	14.1
Br (KG)	12.5	12.3	11.8	11.0
(BH) max (MGOe)	36.0	35.0	32.0	28.0
焼結温度 (℃)	1120	1130	1130	1140

なお、本工程の焼結温度をNd及びTi含有量に応じて変えたのは、焼結密度が理論密度の95%以上となるようにして、Brを高めるためである。

第6表は、上記の組成を有する本発明に係るR-Fe(Co)-B系永久磁石のNd及びTi含有量に対する*i H c*、(BH) max、Brの測定結果を示したものである。

第6表

Ndの含有量 (at%)	1 4		1 6		1 8		2 0	
Tiの含有量 (at%)	0	3	0	3	0	3	0	3
<i>i H c</i> (K Oe)	8.6	10.3	8.0	10.9	9.3	11.2	10.4	11.4
Br (KG)	12.5	12.0	12.0	11.6	11.1	10.5	9.6	9.1
(BH) max (MGOe)	30.0	34.0	32.0	32.5	27.0	27.0	20.0	20.0
焼結温度 (℃)	1080	1100	1080	1100	1080	1080	1080	1080



第6表から明らかなように、Nd含有量の多い領域(Nd含有量が13at%以上)でも、Ti添加により*iHc*を6Koe以上とすることができる。

〈発明の効果〉

以上詳述した本発明に係るR-Fe(Co)-B系永久磁石によれば、Tiによる高*iHc*を確保することができ、R含有量を前述の先提案のものに比し、大幅に低減することができる。

この結果、これまでRが13at%未満では6Koe以上の*iHc*を得ることができないと言う常識を破り、Rが13at%未満の少領域でも従来のRの多いR-Fe-B系永久磁石と何ら遜色ない高*iHc*の永久磁石を得ることができる。

そして、Rの含有量が低減することにより、R-Fe-B系永久磁石の低コスト化を図ることができる。

更に、本発明に係るR-Fe(Co)-B系永久磁石によれば、Feの一部をCoで置換することにより、キュリー温度を改良することができ、

磁性特性の大幅な向上を図ることができる。

特許出願人

代理人

同

富士電気化学株式会社

弁理士 一色健輔

弁理士 松本雅利